Library
AUG 9 1923
Not to …

Physikalische Zeitschrift

Begründet von E. Riecke und H. Th. Simon

Herausgeber:
Professor Dr. **M. Born** und
Professor Dr. **P. Debye**

Schriftleiter:
Dr. **Hans Küstner** in Göttingen

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen und wird vierteljährlich zur Grundzahl 5.50 mal Schlüsselzahl des Börsenvereins der Deutschen Buchhändler postfrei geliefert. Für das Ausland beträgt der Preis 9 schweiz. Frcs. vierteljährlich. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung, die Post sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Millimeterzeile zur Grundzahl M. —.15, Beilagen zur Grundzahl M. 3.— für je Tausend berechnet.

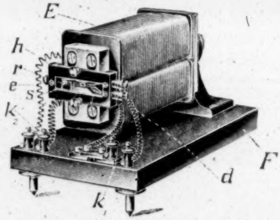
Alle Manuskriptsendungen und darauf bezügliche Zuschriften sind zu richten entweder an die Herausgeber: Professor Dr. M. Born, Göttingen, Planckstraße 21, und Professor Dr. P. Debye, Zürich, Physikgebäude, Gloriastr. 35 oder an die Schriftleitung: Dr. Hans Küstner, Göttingen, Bunsenstraße 9, Physikalisches Institut der Universität, alle Büchersendungen und Anzeigenaufträge an den

Verlag von **S. Hirzel** in Leipzig, Königstraße 2.

No. 13. Leipzig, 1. Juli 1923. **24. Jahrgang.**
No. 641.
Printed in Germany.

Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn,

München.



Oscillograph

nach

Prof. Franz Wittmann,
Budapest.

Katalog 30 erschienen und ebenso wie Spezialliste No. 29 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate gratis und franko.

Inhaltsverzeichnis:

(B. = Besprechungen.)

Seite

Bohrsches und Weißsches Magneton, v. W. Gerlach 275
Bongards, H., Ein Beitrag zu der Frage, welche Art korpuskularer Strahlung als Ursache des Polarlichtes anzusehen ist 279
Eucken, A., Grundriß der physikalischen Chemie für Studierende der Chemie und verwandten Fächer. (B.) . 287
Fallgesetz: Das vollkommen korrigierte Stokessche —, v. R. A. Millikan 273
Fehrle, K., Über die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen. (B.) 288
Gauß, C. F., Werke. Zehnten Bandes zweite Abt. Abhandlungen I u. V: P. Bachmann, Über Gauß' zahlentheoretische Arbeiten. (B.) 288
Gerlach, W., Bohrsches und Weißsches Magneton . 275
Halleffekt: Der — des wasserstoffbeladenen Palladiums, v. W. Kaufmann 278
Isolierung: Vorlesungsversuch der — radioaktiver Substanzen durch Rückstoß, v. E. Marx u. L. Wolf 285
Kaufmann, W., Der Halleffekt des wasserstoffbeladenen Palladiums 278
Korpuskulare Strahlung: Ein Beitrag zu der Frage, welche Art — als Ursache des Porarlichtes anzusehen ist, v. H. Bongards 279
Magneton: Bohrsches und Weißsches —, v. W. Gerlach 275
Marx, E. u. L. Wolf, Vorlesungsversuch der Isolierung radioaktiver Substanzen durch Rückstoß . 284
Millikan, R. A., Das vollkommen korrigierte Stokessche Fallgesetz 273
Palladium: Der Halleffekt des wasserstoffbeladenen —, v. W. Kaufmann 278
Periodisches System: Über die Darstellung des — der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen, v. K. Fehrle. (B.) 288

Physikalische Chemie: Grundriß der — für Studierende der Chemie und verwandten Fächer, v. A. Eucken. (B.) 287
Polarlicht: Ein Beitrag zu der Frage, welche Art korpuskularer Strahlung als Ursache des — anzusehen ist, v. H. Bongards 279
Radioaktive Substanzen: Vorlesungsversuch der Isolierung — durch Rückstoß, v. E. Marx u. L. Wolf 285
Raethjen, P., Der Halleffekt des wasserstoffbeladenen Palladiums. Nach Messungen von stud. P. —. Mitgeteilt von W. Kaufmann 278
Rückstoß: Vorlesungsversuch der Isolierung radioaktiver Substanzen durch —, v. E. Marx u. L. Wolf . . 285
Schwingungen: Über die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer —, v. K. Fehrle. (B.) 288
Stokessches Fallgesetz: Das vollkommen korrigierte —, v. R. A. Millikan 273
Strahlung: Ein Beitrag zu der Frage, welche Art korpuskularer — als Ursache des Polarlichtes anzusehen ist, v. H. Bongards 279
Weißsches und Bohrsches Magneton, v. W. Gerlach 275
Wolf, L. u. E. Marx, Vorlesungsversuch der Isolierung radioaktiver Substanzen durch Rückstoß . . 285

Einzelne **physikalische Apparate** evtl. eine ganze

Sammlung

für höhere Schulen zu kaufen gesucht. Angebote unter Nr. 3185 an die Annoncen-Expedition **Ed. Rocklage, Osnabrück.**

Verlag von S. Hirzel in Leipzig

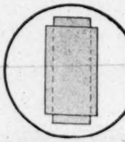
Infolge der bedeutend gestiegenen Herstellungskosten mußte der Bezugspreis der Physikalischen Zeitschrift für das 3. Vierteljahr 1923 auf

60000 Mark

erhöht werden. Diese Erhöhung konnte den Postämtern nicht mehr rechtzeitig mitgeteilt werden und es sind von diesen nur 10000 Mark erhoben worden. Ich bitte daher die verehrten Leser, die die Zeitschrift bei der Post bestellt haben, den Restbetrag von 50000 Mark direkt an mich einzusenden.

S. Hirzel.

Dr. Steeg & Reuter – Bad Homburg vor der Höhe



Kristalloptik

Polarisations-Prismen – Polarisations-Instrumente – Spektralprismen aus Quarz und Glas

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. 1. Juli 1923. 24. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 15 am 10. Juli 1923.

INHALT:

Originalmitteilungen:
R. A. Millikan, Das vollkommen korrigierte Stokessche Fallgesetz. S. 273.
W. Gerlach, Bohrsches und Weißsches Magneton. S. 275.
W. Kaufmann, Der Halleffekt des wasserstoffbeladenen Palladiums. Nach Messungen von stud. P. Raethjen. S. 278.
H. Bongards, Ein Beitrag zur Frage, welche Art korpuskularer Strahlung als Ursache des Polarlichtes anzusehen ist. S. 279.
E. Marx u. L. Wolf, Vorlesungsversuch der Isolierung radioaktiver Substanzen durch Rückstoß. S. 285.
Abgabe von Radiumnormallösungen durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. S. 286.
Besprechungen:
A. Eucken, Grundriß der physikalischen Chemie. S. 287.
C. F. Gauß, Werke. 10. Bd., 2. Abt. S. 288.
K. Fehrle, Über die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen. S. 288.
Personalien. S. 288.
Gesuche. S. 288.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das vollkommen korrigierte Stokessche Fallgesetz.

Von R. A. Millikan.

Das genannte Problem ist von grundlegendem Interesse:

1. Vom Standpunkte der kinetischen Theorie aus, da seine Lösung endgültig Streitfragen klärt wie die nach der Reflexion von Molekülen, die seit Maxwell umstritten ist;
2. vom Standpunkte der Elektronenphysik aus, da die Theorie des Subelektrons nicht die geringste Basis mehr besitzt, sobald das vollständige Bewegungsgesetz der Partikel jeder Größe bekannt ist, und
3. vom Standpunkte der kosmischen Physik aus, da sich der Betrag des Absinkens kosmischen Staubes und kondensierten Dampfes durch die Atmosphäre der Planeten jetzt völlig genau vorausbestimmen läßt, und da sich hieraus interessante Beziehungen zur Theorie der atmosphärischen Elektrizität ergeben können.

Die Einzelergebnisse von sowohl experimentellen wie theoretischen Untersuchungen auf diesem Gebiete von seiten des Verfassers und seiner Mitarbeiter erscheinen gerade in einer Folge von Aufsätzen in der Physical Review. Die hauptsächlichsten Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen:

1. Der Verfasser hat theoretisch gezeigt, daß sowohl bei sehr kleinen wie bei sehr großen Werten des Quotienten $\frac{l}{a}$ (Verhältnis der mittleren freien Weglänge zum Radius) das Bewegungsgesetz die Form

$$F = \frac{6\pi\eta a v}{1 + A' \cdot \frac{l}{a}}$$

haben muß, wobei F die treibende Kraft, v die erzeugte Geschwindigkeit, η die Viskosität des Mediums und A' eine Konstante bedeutet. Daß diese Formel genau sein muß, wenn das Gas dicht und $\frac{l}{a}$ deshalb klein ist, geht aus der Tatsache hervor, daß der Widerstand F dann allein von der Viskosität des umgebenden Mediums herrührt und deshalb proportional a ist, ein Umstand, dem Gleichung (1) dann genügt, wenn der Term $A' \cdot \frac{l}{a}$ gegen 1 vernachlässigt werden darf. Daß Formel (1) auch gilt, wenn $\frac{l}{a}$ sehr groß und die Viskosität, als eine Ursache des Widerstandes, vollkommen verschwunden ist, geht aus der Tatsache hervor, daß der Widerstand F dann einfach der Zahl der Moleküle proportional werden muß, die vom bewegten Partikel pro Sekunde getroffen werden, d. h. proportional a^2, was auch die Gleichung (1) wiedergibt, wenn $A' \cdot \frac{l}{a}$ groß gegen 1 ist, da dann F einfach zu $6\pi\eta a^2 v/A'l$ wird. Die Werte von A' in den beiden Extremfällen sind indessen durchaus nicht dieselben.

2. Mit Hilfe einer einfachen Kombination der Hydrodynamik und der kinetischen Theorie läßt sich zeigen, daß der theoretische untere Grenzwert von A' gleich 0,7004 wird, wenn $\frac{l}{a}$

klein ist und wenn l definiert ist durch $\eta = 0{,}3502\,\varrho \bar{c} l$ (ϱ vermutlich Gasdichte und $\bar{c}$ mittlere Geschwindigkeit der Gasmolekeln); demgegenüber muß der theoretische Wert von A' beträchtlich größer als 1 werden, wenn $\frac{l}{a}$ sehr groß ist. Die Änderung des Wertes A' mit abnehmender Gasdichte bedeutet physikalisch einen Übergang vom Viskositätswiderstande zu einem solchen, der direkt vom molekularen Zusammenstoß herrührt.

3. Die Öltropfenmethode, angewandt auf die Fallgeschwindigkeit kleiner, geladener Partikel unter Einwirkung der Schwerkraft und auf die Steiggeschwindigkeit entgegen derselben in Gasen bei allen Dichten herunter bis zu Drucken von etwa 1 mm, erlaubt die **experimentelle** Bestimmung von A', solange eine Gleichung der Form (1) gilt, wobei A' im Gebiete der betrachteten Werte von $\frac{l}{a}$ eine Konstante ist. Denn A' ist dann einfach durch die Gerade bestimmt, die die notwendigerweise lineare Beziehung zwischen $e^{2/3}$ und $\frac{l}{a}$ darstellt (e Ladung des fallenden Partikels). Auf diesem Wege ermittelte der Verfasser experimentell die Werte von A' für eine Anzahl Tropfsubstanzen und Gase und fand z. B. für Öl und Luft, wenn $\frac{l}{a}$ sehr klein ist, A' gleich 0,864, wenn $\frac{l}{a}$ sehr groß ist, A' gleich 1,154.

4. Die theoretische Form des gesamten Fallgesetzes ist dann offenbar mit einem Mal

$$F = \frac{6\pi\eta a v}{1 + A' \cdot \frac{l}{a}},$$

wobei A' nicht länger eine Konstante ist, sondern von einem kleineren konstanten Werte A zu einem größeren konstanten Werte $(A + B)$ wächst, während $\frac{l}{a}$ mit abnehmender Dichte von sehr kleinen zu sehr großen Werten wächst. Um eine solche Änderung darzustellen, kann man A' offenbar in der Form $A' = A + B \cdot e^{-c\frac{l}{a}}$ ansetzen, wobei der Exponentialausdruck angefügt ist, um den Wert A' (die Neigung in der $e^{2/3} - \frac{l}{a}$-Kurve) von seinem niedrigeren Werte A auf seinen höheren $(A + B)$ zu heben, die Konstante c trägt dabei der Steilheit des Anstieges Rechnung. Daß das die genaue Form von A' sein muß, geht aus der Tatsache hervor, daß für niedere Werte von $\frac{l}{a}$ der Ausdruck $e^{-c\frac{l}{a}}$ auf Null sinkt und die Neigung auf A, während für große Werte von $\frac{l}{a}$ der Ausdruck $e^{-c\frac{l}{a}}$ gleich der Einheit wird und A' in $(A + B)$ übergeht.

5. Aus der Differenz zwischen der unteren theoretischen Grenze von A, nämlich 0,7004, und dem für Luft—Öl beobachteten Werte ist es möglich, den Prozentsatz der Moleküle zu berechnen, die an der Öloberfläche reguläre Reflexion erleiden. Nach dem experimentellen Befund änderte sich A, wenn Öltropfen in verschiedene Gase gebracht wurden, von 0,8 bis 0,9 und erlitt noch etwas größere Änderungen mit der Natur der reflektierenden Oberfläche.

6. Die Werte des Gleitungskoeffizienten und des damit zusammenhängenden Koeffizienten der spiegelnden Reflexion, die durch voraufgegangene Öltropfenversuche bestimmt wurden, wurden dann im einzelnen kontrolliert durch Messungen der Gleitungskoeffizienten, die nach der Methode des rotierenden Zylinders ausgeführt wurden. Dabei wird die Änderung der scheinbaren Viskosität des Gases aus der Änderung der Ablenkung des inneren, tordierbar aufgehängten Zylinders ermittelt, wobei man den Druck des vorhandenen Gases solange erniedrigt, bis die Ablenkung, die durch die konstante Rotationsgeschwindigkeit des äußeren konzentrischen Zylinders entsteht, beginnt, die Erscheinung der Gleitung anzuzeigen. Diese Änderung tritt bei einem genau meßbaren Werte auf, bei dem verwandten Apparat für Drucke etwas unter 1 mm.

7. Die experimentellen Untersuchungen nach der Öltropfenmethode und der Methode der konstanten Ablenkung zeigen, daß z. B. mit Luft—Öl bei gewöhnlichen Temperaturen $10^1/_2$ Proz. auf reguläre und $89^1/_2$ Proz. auf diffuse Reflexion entfallen, mit Wasserstoff—Öl $7^1/_2$ Proz. auf reguläre und $92^1/_2$ Proz. auf diffuse, mit Helium—Öl 12,6 Proz. auf reguläre und 87,4 Proz. auf diffuse Reflexion.

8. Die experimentellen Konstanten des vollständigen Fallgesetzes für Luft—Öl sind in folgender empirischen Formel enthalten:

$$F = 6\pi\eta a v \left[1 + \frac{l}{a}\left(0{,}864 + 0{,}290\, e^{-1{,}25\frac{a}{l}}\right)\right]^{-1}$$ [1]).

9. Der experimentelle Wert von $(A + B)$

1) Eine Gleichung dieses allgemeinen Typs wurde vom Verfasser 1911 **direkt** empirisch erhalten und in Brit. Assoc. Reports, Dundee 1912, S. 410 veröffentlicht und indirekt von **Knudsen** und **Weber**, Ann. d. Phys. **36**, 982, 1911.

liegt sehr nahe seinem theoretischen Werte für eine „diffus reflektierende Oberfläche", welcher nach Epsteins Untersuchung 1,131 beträgt. Berücksichtigt man die Tatsache, die durch die vorangehenden Versuche über Gleitung ans Licht gebracht wurde, daß z. B. bei Öl—Luft die reguläre Reflexion $10^1/_2$ Proz. beträgt, so ergibt sich der theoretische Wert von $(A+B)$ zu 1,164, was innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler mit dem experimentell gefundenen Wert 1,154 übereinstimmt. Dieses Ergebnis macht es noch wahrscheinlicher, daß etwa 10 Proz. reguläre Reflexion vorhanden sind, obgleich die Genauigkeit bei der Bestimmung des Prozentsatzes der regulären Reflexion mittels direkter Messung von $(A+B)$ weit kleiner ist, als durch die Messung von A allein, d. h. durch die Messung des „Gleitungskoeffizienten".

10. Es wird sowohl theoretisch wie experimentell bewiesen, daß sich der Wert des endgültigen Koeffizienten $(A+B)$ wohl schwerlich mehr als höchstens 2 oder 3 Proz. mit der Natur der Tropfsubstanz oder des umgebenden Gases ändert, so daß Gleichung (2) sehr allgemeine Geltung besitzt und als fast ganz genau angesehen werden kann bei der Berechnung des Absinkens von Partikeln jeglicher Art durch die Gebiete verdünnter oberer Luftschichten.

11. Wie gezeigt wurde, ist der Wert von $(A+B)$ vollkommen unvereinbar mit der Theorie für die Kondensation von Gasmolekülen an der Oberfläche des Tröpfchens und für ein darauffolgendes Wiederverdampfen dieser Moleküle, welches gleichmäßig an der ganzen Tröpfchenoberfläche stattfindet.

12. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß niemals irgendeine theoretische oder experimentelle Unterlage für den Koeffizienten $A = 0,815$ bestanden hat, der so häufig von Autoren benutzt wurde, die hierüber gearbeitet haben. Die Annahmen, die man zu einer Zeit machte, als man diesen Koeffizienten zuerst einführte, führen bei genauer theoretischer Behandlung statt zu 0,815 zu dem Werte 1,5 und die vorliegende Untersuchung beweist, daß diese Annahmen selbst völlig zulässig sind (siehe 11).

13. Die Ausdehnung der experimentellen Untersuchungen mit Hilfe der Öltropfenmethode auf viel größere Werte von $\frac{l}{a}$, als man sie jemals bei den Versuchen benutzte, aus welchen man Schlüsse auf die Existenz von Subelektronen zog, und der Umstand, daß man vollkommen übereinstimmende Ergebnisse innerhalb des ganzen Gebietes erzielt, ohne die leiseste Andeutung dafür, daß man es nötig hätte, an irgendeiner Stelle Subelektronenladungen einzuführen, beweist demgegenüber die Irrigkeit der Arbeit, aus der auf die Existenz von Subelektronen geschlossen wurde. Der Irrtum entstand auf Grund ungenauer Annahmen über die Dichte und ungenaue Anwendung der Daten für die Brownsche Bewegung[1]).

14. Geringe mechanische Unebenheiten an einer Glasoberfläche wurden dazu herangezogen, die Ergebnisse des Verfassers über reguläre Reflexion von Molekülen und Knudsens[2]) und Gaedes[3]) klare Bestätigung des Gesetzes der diffusen Reflexion von Molekülen in Einklang zu bringen.

15. Es ist außerordentlich befriedigend, wenn man ein Arbeitsgebiet in der Physik findet, das mehr als fünfzig Jahre in völliger Verwirrung war und das nun dadurch völlig geklärt geworden ist, daß man experimentelle Ergebnisse erhielt, welche mit den Voraussagen der kinetischen Gastheorie vollkommen übereinstimmen. Während die Entdeckung neuer und bis jetzt unerklärter Erscheinungen, wie die, die mit den Tatsachen der „Quanten" und der Relativitätstheorie in Zusammenhang stehen, die Physik zurzeit besonders anziehend gestalten, sind es Erfolge wie der vorliegende, welche alte Rätsel aufklären und das Gebiet völlig bekannter Erscheinungen erweitern, die uns Vertrauen zu den Methoden der Physik und Zuversicht in den Wert dieser Wissenschaft für die Entwicklung der Menschheit einflößen.

1) Das wurde klar ausgeführt in „Das Elektron", Druckerei der Universität Chicago 1917, 8. Kap.; s. a. deutsche Übersetzung Vieweg 1922.
2) Ann. d. Phys. **28**, 105, 1909 u. **35**, 389, 1911.
3) Ann. d. Phys. **41**, 289, 1913.

Pasadena, 15. Januar 1923, Norman Bridge Laboratory of Physics California Institute of Technology.

(Eingegangen 11. April 1923.)

Bohrsches und Weißsches Magneton.

Von Walther Gerlach.

Bekanntlich besteht noch immer ein Widerspruch zwischen den magnetischen Folgerungen der Quantentheorie und den Ergebnissen einer großen Zahl von Beobachtern über das magnetische Moment von Atomionen und Gasmolekülen. Während erstere ein Elementarquantum des magnetischen Moments von der Größe $M_B = 5600$ CGS fordert, folgt aus

	$^*Cr^{+++}$	$^*Cr^{++}$ (Mn^{+++})[3]	$^*Mn^{++}$ $^*Fe^{+++}$	Fe^{++}[2] (Co^{+++})[1]	Co^{++}	Ni^{++}	Cu^{++}
$p_{W_{\text{beob.}}}$	19	24	29	(26)[2]	24,25[5]	16[4]	9,10[5]
$k_{\text{beob.}} = \frac{p_W}{4,98}$	3,8	4,8	5,8	(5,2)[2]	4,8 5,0	3,2	1,8 2,0
$k_{\text{ber.}}$	3,75	4,75	5,75	—	4,75	—	1,73
n_B	3	4	5	—	4	—	1
$p_{\text{ber.}}$	18,7	23,6	28,7	—	23,6	—	8,7

1) Unsicher. Zahlenwerte von Cabrera nicht berücksichtigt.
2) Maßergebnisse sehr schwankend, Werte zwischen 26 und 29(!)
3) Von Cabrera nicht berücksichtigt wegen chemischer Unsicherheit des Zustandes in Lösungen.
4) Auch Werte 16,9 und 13,0 gemessen.
5) Beide Werte sind gemessen, auch der Wert 24,55 für Co^{++}.
*) Diese Werte dürften gut begründet sein; d. h. die Abweichungen der angegebenen Zahl p_W sind nicht beträchtlich, wenn Messungen von mehreren Fehlern und von verschiedenen Salzen vorliegen. Die Ganzzahligkeit der Werte p_W verliert natürlich bei unseren Betrachtungen ihre Bedeutung.

letzteren ein größter gemeinschaftlicher Teiler aller beobachteten magnetischen Momente von $M_W = 1124$ CGS. Nachdem durch direkte Messungen das magnetische Moment des normalen Silberatoms bestimmt werden konnte[1]), und dieses mit hinreichender Genauigkeit gleich dem Bohrschen Magneton M_B befunden wurde, liegt mehr als früher die Vermutung nahe, es möchte in der Art der Ermittlung des Weißschen Magnetons der Unterschied der Ergebnisse begründet sein.

W. Pauli[2]) hat vor einiger Zeit darauf hingewiesen, daß man bei der Berechnung des magnetischen Moments die räumliche Quantelung der Atommagnete im äußeren Magnetfeld berücksichtigen muß, und diese Berechnung durchgeführt für die beiden paramagnetischen Gase NO und O_2. Dieselben haben 9 bzw. 14 Magnetonen[3]) nach Weiß. Würde man das Bohrsche Magneton zugrunde legen, so hätte NO $k = 1,8$, $O_2 = 2,8$ Bohrsche Magnetonen, ein infolge Abweichung von der Ganzzahligkeit unmögliches Resultat. Wie Pauli gezeigt hat, liegt aber der Berechnung die Annahme zugrunde, daß die Atommagnete jeden beliebigen Winkel ϑ mit der magnetischen Kraftlinienrichtung einnehmen können, während nach der Theorie der räumlichen Quantelung nur diskrete Lagen möglich sind, deren Anzahl $2n$ gegeben ist durch $\cos\vartheta = \frac{n_1}{n}$, $n_i = 1, 2, 3 \ldots n$, n die Anzahl der Magnetonen (oder die Anzahl der „Quanten" $\frac{h}{2\pi}$ des gesamten mechanischen Impulsmoments). Hieraus folgt, daß sich die scheinbare Anzahl von Bohrschen Magnetonen $k = \frac{p \cdot M_W}{M_B}$ für die wahre Anzahl n ergibt aus

$$k = \sqrt{\frac{1}{2}(n+1)(2n+1)}.$$

So berechnen sich aus den Weißschen Zahlen $p = 9$ und 14 die Bohrschen Zahlen

wahre Anzahl M_B	scheinbare Anzahl M_B		
$n = 1$	$k = 1,73$	$p_{\text{ber.}} = 8,64$	$p_{\text{beob.}} \sim 9$
$n = 2$	$k = 2,74$	13,7	13,9 — 14,2

Die beobachteten und berechneten p-Werte sind in auffallend guter Übereinstimmung.

Diese Überlegung hat sehr an Vertrauen gewonnen, seit die Existenz der räumlichen Quantelung als experimentell erwiesen angesehen werden darf. So liegt es nahe, die gleichen Überlegungen auch auf die anderen Fälle anzuwenden, in welchen sich eine Vielfachheit von Weißschen Magnetonen ergeben hat, nämlich auf die magnetischen Momente von Ionen in festen Salzen und Lösungen — in vollem Bewußtsein der Mißachtung aller der Umstände, welche nach unserer Ansicht eine erhebliche Störung der Richtungsquantelung in diesen Fällen bedingen können. B. Cabrera[1]) hat kürzlich eine umfassende Zusammenstellung und Sichtung der vorliegenden Messungen vorgenommen. Wir stellen in der obigen Tabelle die Ergebnisse zusammen und fügen folgende weitere Zahlenreihen hinzu: Zunächst bestimmen wir durch Division mit 4,98 die scheinbare

1) W. Gerlach u. O. Stern, Zeitschr. f. Phys. **9**, 353, 1922.
2) W. Pauli jr., diese Zeitschr. **21**, 615. 1920.
3) Messungen verschiedener Autoren stimmen nicht ganz genau überein; sie ergeben nicht alle die ganzen Zahlen 9 und 14, sondern 9,2 bzw. 13,9 und 14,2. Doch übergehen wir diese Abweichungen im folgenden.

1) B. Cabrera, Journ. d. Phys. **3**, 443, 1922.

Anzahl k der Bohrschen Magnetonen; alle geben von ganzen Zahlen abweichende Werte. Rechnen wir aber nun gemäß den Paulischen Überlegungen für die wahren Magnetonenzahlen $n_B = 1, 2, 3, \ldots$ die aus der Quantentheorie zu erwartenden scheinbaren Magnetonenzahlen in Bohrschen Einheiten, so ergibt sich für

$$n = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \cdots$$
$$k_{\text{ber.}} = 1{,}73 \quad 2{,}74 \quad 3{,}75 \quad 4{,}75 \quad 5{,}75 \cdots$$

und hieraus

$$p_{W_{\text{ber.}}} = 8{,}6 \quad 13{,}7 \quad 18{,}7 \quad 23{,}7 \quad 28{,}7 .$$

Wir finden also k und p-Werte, welche denen der ersten und zweiten horizontalen Zahlenreihe der Tabelle sehr nahe liegen, und fügen so in Reihe 3, 4 und 5 die entprechenden Werte n_B, $k_{\text{ber.}}$ und $p_{\text{ber.}}$ zu.

Es muß auffallen, wie merkwürdig gute Übereinstimmung zwischen $k_{\text{beob.}}$ und $k_{\text{ber.}}$ mit den genannten Voraussetzungen und der Annahme von sehr plausiblen Quantenzahlen n_B[1]) für die Ionen erzielt wird. Es kann nachgerade nicht geleugnet werden, daß die Anwendung der Richtungsquantelungstheorie sowohl auf die unter recht hohen Drucken stehenden Gase, als auch besonders auf Flüssigkeiten Bedenken zu erregen geeignet ist, wenn auch der letztere Fall, den wir in den entsprechenden Ausführungen diskutierten, durch die Anwendung der Theorie auf einfache Atomionen wieder besser begründet sein dürfte, als die Übertragung der Quantentheorie auf Moleküle wie NO und O_2, bei welchen bis jetzt jede Modellvorstellung versagt hat. Daß sich aus Salzkristallen und Salzlösungen fast immer sehr nahe dieselben Weißschen Zahlen ergeben, zeigt — von unserem Standpunkt aus betrachtet —, daß in den zur Messung der Suszeptibilität benutzten sehr starken magnetischen Feldern die „Kristall“- bzw. „Hydratations“kräfte die Richtungsquantelung höchstens stören, aber nicht zerstören. Man vergleiche hiermit auch die Überlegungen von O. Stern[2]) und W. Lenz[3]) über die Gültigkeit des Curieschen Gesetzes und die freie Drehbarkeit der Atomionen in Kristallen, sowie das „Umklappen“ der Ionen im Magnetit in mehrere mögliche — nach Lenz kristallsymmetrisch — bestimmte Lagen. Wie dem auch sei — es ist wohl kaum ein Zufall, daß von den 9 experimentell gemessenen Magnetonwerten nach der Berechnung von Weiß 7 die Zahlenreihe

9 (2 mal) 14 19 24 (2 mal) 29

geben, während nur 2 Werte mit 16 und 26 herausfallen, wobei noch letzterer außerordentlich unsicher ist. Aber nicht nur für die Ionen der Eisengruppe in Kristallen und Lösungen der Salze findet man diese Zahlen; die folgende Tabelle gibt die bisher als zuverlässig angesehenen weiteren Weißschen Magnetonenzahlen in gleicher Anordnung wie in der ersten Tabelle:

	Pd[1])	Pt[1])	β = Nickel[2])	β = Eisen[2])	Mn_2O_3 γ = Eisen[2])	Mn_2O	MnO
$p_{W_{\text{beob.}}}$	8–10 (9)	8–9 (8,5)	8–9 (8,5)	10–12 (11)	19–20 (19,5)	24	30
$k_{\text{beob.}}$	1,8	1,7	1,7	2,2	3,9	4,8	6,0
$k_{\text{ber.}}$	1,73	1,73	1,73	(1,73)	3,75	4,75	5,75
n_B	1	1	1	(1)	3	4	5
$p_{\text{ber.}}$	8,7	8,7	8,7	(8,7)	18,7	23,6	28,7

Wir haben also weitere 8 paramagnetische Körper, welche sich unserer Zahlenreihe 9, 14, 19 ... zwanglos einfügen[3]). Und diesen Weißschen Zahlen entsprechen die Bohrschen, quantentheoretisch berechneten Momentzahlen (Impulsquanten) 1 (5 mal) 2 3 (2 mal) 4 (3 mal) 5 (2 mal). Es ist Sache der weiteren Forschung festzustellen, ob die zu der verwendeten Formel führende Anwendung der Theorie berechtigt ist, oder ob diese Formel durch einen Zufall zu dem richtigen Ergebnis führt. Daß die Ergebnisse der Magnetonenmessungen von Weiß, Cabrera u. a. der Quantentheorie widersprechen, ist auf jeden Fall vorerst nicht mehr zu begründen.

1) Vgl. auch A. Sommerfelds spektroskopische Berechnung der Magnetonenzahlen. Ann. d. Phys. **70**, 32, 1923. Wir hoffen in absehbarer Zeit Messungen der magnetischen Momente dieser Metallatome im Normalzustande mitteilen zu können.
2) O. Stern, Zeitschr. f. Phys. **1**, 147, 1920.
3) W. Lenz, diese Zeitschr. **21**, 613, 1920.

1) Neue Messungen von Foex.
2) Paramagnetische Messungen oberhalb des Curiepunktes.
3) Eine eingehende Diskussion s. in Artikel des Verf. in Bd. II der Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften (Verlag Springer; im Erscheinen begriffen).

Frankfurt a. M., 1. Juni 1923, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 3. Juni 1923.)

Der Halleffekt des wasserstoffbeladenen Palladiums.

Nach Messungen von stud. P. Raethjen mitgeteilt von W. Kaufmann.

Wenn auch die Elektronentheorie der Elektrizitätsleitung in Metallen in ihrer ursprünglichen Form kaum mehr als haltbar anzusehen ist, so sind doch eine Reihe ihrer Konsequenzen soweit von der Erfahrung bestätigt worden, daß man ihre Grundannahmen immerhin noch als ein brauchbares heuristisches Prinzip ansehen kann.

Ein besonderes Interesse bieten zur Prüfung der Theorie offenbar solche Leiter, deren Widerstand durch Einflüsse physikalischer oder chemischer Art geändert werden kann, weil hier die Frage auftaucht, ob die Änderung einem Einfluß auf die „Weglänge", oder auf die „Zahl der freien Elektronen" im Sinne der ursprünglichen Drudeschen Theorie zuzuschreiben ist. Nun ist durch die Messungen von Fischer[1]) bekannt, daß der Widerstand des Palladiums durch Wasserstoffbeladung bis auf etwa das 1,7 fache steigt, daß also entweder die Weglänge oder die Zahl der Elektronen im gleichen Verhältnis verringert sein müßte. Da nun nach der Theorie die Konstante R des Halleffekts der Elektronendichte umgekehrt proportional, von der Weglänge aber unabhängig ist, so erschien eine Untersuchung dieses Effektes und seiner etwaigen Abhängigkeit von der H-Beladung von Interesse.

Bezüglich der versuchstechnischen Einzelheiten sei auf die demnächst erscheinende Dissertation des Herrn Raethjen verwiesen. Der Halleffekt wurde gemessen an einem von der Firma Heraeus in Hanau bezogenen Pd-Blech von $0{,}99 \cdot 10^{-3}$ cm Dicke. Da die Verdickung des Blechs durch die H-Beladung nicht gemessen werden konnte, wurde die Dicke d_0 des unbeladenen Blechs der rechnerischen Bestimmung der Hallkonstante zugrunde gelegt. Es wurde also am beladenen Blech nicht eigentlich R, sondern $R' = R\frac{d_0}{d}$ bestimmt.

Es ergab sich, daß diese Größe R' innerhalb der zu erwartenden Fehler von 1,5 Proz. bei allen Beladungszuständen den gleichen Wert hat. Drei Zahlenwerte seien hier mitgeteilt:

1. im ursprünglichen Zustand . . . . . $R = -7{,}27 \cdot 10^{-4}$
2. vollständig beladen ($w/w_0 = 1{,}71$) . . . $R' = -7{,}13 \cdot 10^{-4}$
3. entladen ($w/w_0 = 1{,}0$) . $R' = -7{,}14 \cdot 10^{-4}$

1) Ann. d. Phys. **20**, 503, 1906.

Hier kann die Differenz zwischen End- und Anfangswert recht wohl eine scheinbare sein, da das anfänglich glatte Blech bei der Beladung trotz aller Vorsichtsmaßregeln etwas knitterig und auch nach der Entladung nicht wieder völlig glatt wurde. Es ist also anzunehmen, daß durch diesen Umstand, der das Feld nur mit seiner zum Blech senkrechten Komponente zur Wirkung kommen ließ, bei 2. und 3. der Effekt zu klein erschien, zumal da auch bei allen Zwischenstufen der Beladung R' den gleichen Wert hatte. Es ergibt sich also das Resultat, daß R' bzw. R/d unabhängig von der Beladung ist.

Nimmt man mit Fischer eine Dickenvermehrung von etwa 3 Proz. durch die Beladung an, so ist also die eigentliche Hallkonstante R um ebensoviel vermehrt. Die etwaige Verminderung der Elektronendichte wäre also von gleicher Größenordnung anzusetzen, und somit die Vermehrung des spezifischen Widerstandes hauptsächlich als Folge einer verkürzten Weglänge zu betrachten, indem die H-Atome die Zwischenräume zwischen dem Kristallgitter der Pd-Atome versperren[1]).

Dieser Deutung widersprechen nun leider die Resultate bezüglich der Thermokraft des Pd. Messungen über die Thermokraft zwischen beladenem und unbeladenem Pd sind in früherer Zeit von R. M. Holmes[2]) ausgeführt, doch war hier nur der keine Zahlen enthaltende Bericht in den Phys. Ber. zugänglich. Eigene Versuche waren in Angriff genommen und zum Teil durchgeführt, als die Arbeit von Herrn Fritz Heimburg[3]) über denselben Gegenstand erschien. Danach beträgt die Thermokraft für eine Widerstandsvermehrung $w/w_0 = 1{,}70$ (entsprechend 900 Volumenteilen H in einem Volumenteil Pd) 17 Mikrovolt/Grad, und zwar fließt der Strom in der heißen Lötstelle vom unbeladenen zum beladenen Pd. Daraus folgt nach der Elektronentheorie (vgl. Müller-Pouillet IV, S. 1197, Gl. 8), daß die Elektronendichte im unbeladenen Pd geringer sein müsse, als im beladenen. Die zitierte Gleichung lautet:

$$e = R/F \lg \text{nat.}\,(n_a/n_b)$$
$$\begin{Bmatrix} n_a = \text{E.-D. im unbelad. } Pd \\ n_b = \text{E.-D. im belad. } Pd \end{Bmatrix}$$

oder

$$\lg \text{nat.}\,(n_a/n_b) = e \cdot F/R,$$
$$= -17 \cdot 10^{-6}\,\frac{96500}{8{,}3},$$
$$= -0{,}2,$$
$$n_a/n_b = 0{,}83.$$

1) Vgl. M. Yamada, Phil. Mag. (6) **45**, 241, 1923.
2) Science (N. S.) **56**, 201—202, 1922, Nr. 1442.
3) Diese Zeitschr. **24**, 149, 1923.

Dieses Resultat ist aber wiederum unvereinbar mit dem Befunde beim Halleffekt, denn es würde eine Verminderung der Hallkonstante von 20 Proz. bei der Beladung mit Wasserstoff verlangen. Die Folgerungen der Drudeschen Elektronentheorie zeigen sich hier also als nicht erfüllt.

(Eingegangen 5. Juni 1923.)

Ein Beitrag zu der Frage, welche Art korpuskularer Strahlung als Ursache des Polarlichtes anzusehen ist.

Von Hermann Bongards.

Daß die Lichterscheinungen in den höheren Schichten der Erdatmosphäre, die wir als Polarlicht bezeichnen, einer von der Sonne ausgehenden elektrischen Strahlung ihren Ursprung verdanken, daran besteht wohl heute kein Zweifel mehr. Die Frage nach der Natur der Strahlung kann aber noch keineswegs als gelöst betrachtet werden. Das Problem, ob es sich um negative oder positive Strahlen handelt, kann auch heute noch nicht als restlos geklärt angesehen werden. Unter dem Begriff „negative Strahlen" soll hier die Gesamtheit der Strahlen verstanden werden, deren Träger Elektronen — negative Korpuskeln — sind, d. h. Strahlen von der Art der Kathoden- und β-Strahlen der radioaktiven Substanzen. Unter der Bezeichnung „positive Strahlen" soll die Gesamtheit der Strahlen zusammengefaßt werden, deren Träger Atome, Ionen und Atomkerne sind, also Strahlen von der Art der Anodenstrahlen, Kanalstrahlen und der α-Strahlen radioaktiver Elemente, ohne Rücksicht darauf, daß in diesen Kategorien auch negativ geladene Träger beobachtet werden. Von diesen beiden Grundklassen der Korpuskularstrahlen haben die Elektronenstrahlen den Vorzug größerer Einfachheit, da als Träger der Strahlung nur Elektronen zu betrachten sind, Korpuskeln, deren Eigenschaften uns ziemlich genau bekannt sind. Die bahnbrechenden Untersuchungen von Birkeland[1]) und Störmer[2]) schienen auch zunächst eine befriedigende Erklärung zu versprechen mit der Annahme, daß es sich um Elektronenstrahlen handele, doch zeigten sich nichtsdestoweniger noch einige Diskrepanzen zwischen Theorie und Beobachtung. Vegard[3]) versuchte diese Unstimmigkeiten dadurch zu beheben, daß er α-Strahlen, also doppelt ionisierte Heliumatome, als Träger der Strahlung annahm. Auf Grund weiterer Beobachtungen und eingehender Untersuchungen, namentlich über die Absorption der Strahlen und die Verteilung der Lichtintensität gab er diese Hypothese wenigstens für die Hauptformen der Polarlichter wieder auf, so daß gegenwärtig wohl die hervorragendsten Vertreter der Polarlichtforschung übereinstimmend als Ursache der häufigsten und glänzendsten Lichterscheinungen einer Strahlung zuschreiben, deren Träger Elektronen sind.

Neben der räumlichen Vermessung der Polarlichter scheint vor allem die spektralanalytische Untersuchung die Möglichkeit eines Aufschlusses über die Natur der Strahlung zu bieten. Die genaue Vermessung des Polarlichtspektrums ist aber infolge der geringen Lichtstärke der einzelnen Linien mit recht erheblichen Schwierigkeiten verbunden. So enthalten namentlich die älteren Messungen, die von Carlheim-Gyllenskiöld[1]) mit eigenen Beobachtungen zusammengestellt sind, eine Reihe von Wellenlängenbestimmungen der Polarlichtlinien, die recht erhebliche Abweichungen voneinander zeigen. Eine Folge dieser Unsicherheit war eine große Anzahl verschiedener Deutungen, die zum Teil recht phantastisch anmuten. Nach diesen Ergebnissen kann man wohl nicht umhin, sich der Ansicht H. Kaysers[2]) anzuschließen, daß bei dem völligen Ungenügen der Messungen ein Vergleich mit irdischen Spektren vollkommen illusorisch ist. Erst Messungen in neuester Zeit haben eine genauere Bestimmung einiger Linien im Nordlichtspektrum ergeben. Vegard[3]) hat im kurzwelligen Teil die Wellenlängen einiger Linien spektrographisch ziemlich genau bestimmen können und findet weitgehende Ähnlichkeit, namentlich mit dem von Kanalstrahlen angeregten Spektrum des Stickstoffs. Eine genaue Wellenlängenmessung der Hauptlinie im grünen Teil des Spektrums scheint infolge der geringen Empfindlichkeit der photographischen Platten in diesem Wellenbereich spektrographisch nicht möglich zu sein. Es ist schon von Wiechert darauf hingewiesen worden, daß diese Linie auch in mittleren Breiten am nächtlichen Himmel zu beobachten ist. Slipher[4]) hat als Wellenlänge dieser Linie im Mittel aus drei Beobachtungen den Wert $\lambda = 5578{,}05$ gefunden. Neuerdings hat dann wiederum Vegard[5]) die Wellen-

1) Archives des sciences physiques et naturelles, Genève 1896, S. 497; Expéd. norvég. 1899—1900 pour l'étude des aurores boréales, Videnskabsselskabets Skrifter 1901, Christiania.
2) Archives des sciences physiques et naturelles, Genève 1907 u. 1911.
3) Diese Zeitschr. **12**, 1185, 1911.

1) Observations faites au Cap Thordsen, Spitzberg, Tome II: 1, Aurores boréales, S. 166/167. Stockholm 1886.
2) H. Kayser, Handbuch d. Spektroskopie, Bd. V, S. 58. Leipzig 1910.
3) Diese Zeitschr. **14**, 677—681, 1913.
4) Astrophys. Journ. **49**, 266, 1919.
5) Geofysiske Publ., Vol. II, No. 5.

länge der charakteristischen Polarlichtlinie als $\lambda = 5578{,}2\ (\pm 1)$ Å gemessen. Die Übereinstimmung ist so gut, daß man wohl die Wellenlänge von 5578 als zuverlässig betrachten darf. Damit ist erwiesen, daß die Nordlichtlinie nicht, wie man vor allem nach den Untersuchungen von Stark[1]) lange Zeit annahm, mit der Doppellinie im Bogenspektrum des Stickstoffs λ 5560—5565 Å identisch ist. Vegard l. c. hat die Linie mit einer Reihe von Linien anderer in Betracht kommender Gase verglichen, findet aber eine Übereinstimmung innerhalb der Fehlergrenze nur in zwei Fällen. Im Viellinienspektrum des Wasserstoffs ist eine Linie $\lambda = 5578{,}3$ von Hasselberg beobachtet. Diese Übereinstimmung hält Vegard aber wohl mit Recht für zufällig, da das zweite Spektrum des Wasserstoffs so reich an Linien ist, daß die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenfallens mit irgendeiner gegebenen Linie sehr groß ist. Ferner ist die betreffende Wasserstofflinie sehr schwach, und es ist nicht anzunehmen, daß sie im Nordlicht allein so stark erscheint, da die relative Intensität der Linien im zweiten Wasserstoffspektrum sehr konstant ist. Auch im blauen Spektrum des Argons findet sich eine Linie $\lambda = 5577{,}98$[2]), deren Wellenlänge innerhalb der Fehlergrenze mit der Nordlichtlinie übereinstimmt. Vegard glaubt, nicht annehmen zu können, daß die Nordlichtlinie vom Argon herrührt, da dieses Gas ein wesentlich größeres Molekulargewicht habe als Stickstoff, und Argon praktisch nicht vorkommen könne in der Nordlichtregion oberhalb 100 km. Auf Grund dieses Ergebnisses fühlt sich Vegard zu der Annahme gedrängt, daß die grüne Linie dem hypothetischen leichten „Geokoronium" A. Wegeners[3]) zuzuschreiben ist, das dann allerdings einen Atombau haben müsse, der völlig verschieden ist von dem aller bekannten Elemente. Infolge dieser Schwierigkeit betrachtet Vegard die Annahme eines unbekannten leichten Gases als einen letzten Ausweg, wenn alle anderen möglichen Wege zur Erklärung der Nordlichtlinie versagen.

Einen Dopplereffekt findet Vegard bei der grünen Linie nicht, trotz stärkster Verengerung des Spaltes. Wenn die Linie also Dublettcharakter hätte, so könnten die Komponenten keine größere Wellenlängendifferenz aufweisen, als 1 Ångströmeinheit. Wenn die Nordlichtlinie von den bewegten Trägern der Strahlung selbst herrührte, so könnte deren Geschwindigkeit nach Ansicht Vegards nicht größer sein als 3×10^7 cm/sec. Strahlen von so geringer Geschwindigkeit könnten aber nicht so tief in die Atmosphäre eindringen, wie es die Nordlichtstrahlen tun. Gegen diesen Schluß wäre nichts einzuwenden, wenn man bei positiven Strahlen aus der Größe des Dopplereffektes auf die Geschwindigkeit der bewegten Atome und Atomrumpfe schließen dürfte. Das scheint aber nach den Erfahrungen an Kanalstrahlen im Laboratorium zum wenigsten zweifelhaft. Aus den Beobachtungen von Stark[1]) geht hervor, daß die Dopplerverschiebung bei Kanalstrahlen eine Grenze hat, während es Kanalstrahlen höherer Geschwindigkeiten gibt. Ferner sind die schnelleren Strahlen gar nicht weniger magnetisch ablenkbar, als die langsameren. Bei Wasserstoff liegt die Grenze, der der Dopplerstreifen zustrebt, bei einer Geschwindigkeit der Kanalstrahlen, die ungefähr einer Spannung von 12000 Volt entspricht[2]). Ein analoges Verhalten findet Wilsar für Sauerstoff und Stickstoff, nur daß die Grenzspannung bei diesen höher liegt. Die Lichtemission wird von einer Grenze ab mit zunehmender Geschwindigkeit kleiner und man wird annehmen können, daß sie oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit aufhört. Nach Gehrcke[3]) wird man diese Beobachtungen so zu deuten haben, daß in verdünnten Gasen Masseteilchen, die eine gewisse Geschwindigkeit erreichen, negative Elektronen abspalten. Mit dieser Auffassung stimmen auch neuere Versuche von W. Wien überein, der aus einem Kanalstrahlenbündel einen neutralen Strahl magnetisch ausblendete und zeigte, daß auf seinem weiteren Wege die fliegenden neutralen Partikelchen zum Teil wieder positive Ladung annehmen. Dorn[4]) hat bei vielen Linien des Argonspektrums den Dopplereffekt beobachtet. Nach W. Wien[5]) ist bei allen einatomigen Gasen der Dopplereffekt sehr schwach im Vergleich zur unverschobenen Spektrallinie. Das läßt vermuten, daß bei einatomigen Gasen die Abspaltung von Elektronen nach dem Überschreiten einer gewissen Geschwindigkeitsgrenze schneller vor sich geht, als bei den mehratomigen Gasen. Alle derartigen Beobachtungen legen die Annahme nahe, daß mit gesteigerter Geschwindigkeit die Träger der positiven Strahlen mehr und mehr Elektronen verlieren und schließlich zu bloßen Atomkernen werden können. [Diesen Grenzfall finden wir in den α-Strahlen der radioaktiven Substanzen verwirklicht, deren Träger bloße Heliumkerne bilden.] Ein solcher

1) Ann. d. Phys. **54**, 598, 1918.
2) Eder u. Valenta, Spektralanalytische Untersuchungen des Argons. Denkschr. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien, **64**, 22, 1897.
3) Diese Zeitschr. **12**, 170, 214, 1911.

1) Diese Zeitschr. **11**, 177, 1910.
2) W. Wien, Handwörterbuch d. Naturw., Bd. 5, S. 670.
3) W. Wien, Handwörterbuch d. Naturw., Bd. 1, S. 466.
4) Diese Zeitschr. **8**, 589, 1907.
5) Handb. d. Radiologie, Bd. IV, S. 131.

Kern wird in Ermangelung eines Elektrons nicht leuchten können. Es ist auch unmittelbar verständlich, daß er, indem er mit enormer Geschwindigkeit ein ruhendes Gas durchsetzt, kein Elektron festhalten und auf seiner Bahn an sich reißen kann. Erst wenn sich seine Geschwindigkeit infolge von zahlreichen Zusammenstößen mit Gasmolekülen auf einen bestimmten Wert erniedrigt hat, wird das Teilchen zu leuchten beginnen, indem es Elektronen aus der Umgebung aufnimmt. Dieses Leuchten wird so lange andauern, bis die Geschwindigkeit eine bestimmte untere Grenze erreicht. Ein Atomkern, der etwa von der Sonne in die Erdatmosphäre mit nahezu Lichtgeschwindigkeit eintritt, wird bis zu seiner völligen Absorption alle Geschwindigkeitsstufen bis 0 nacheinander annehmen. Leuchten wird er aber nur in einem ganz bestimmten Intervall, das vermutlich bei einer Größenordnung von 10^7 bis 10^8 cm/sec liegen wird. Wir werden also, wenn wir bei positiven Strahlen keinen Dopplereffekt finden, der einer höheren Geschwindigkeit entspricht, daraus keinen Schluß auf die Anfangsgeschwindigkeit und auf die Durchschlagskraft des Teilchens ziehen dürfen. Die Grenzen des Geschwindigkeitsintervalls, innerhalb deren ein Argonatom leuchtet, sind scheinbar bisher noch nicht gemessen worden. Daß aber solche Grenzen ganz allgemein für alle Atome existieren, ist sehr wahrscheinlich und wird ohne allzu große Schwierigkeiten experimentell nachzuweisen sein. Man wird unter diesen Umständen also die Möglichkeit nicht von der Hand weisen können, daß bewegte Argonatome als Ursache der Nordlichtlinie in Betracht kommen können.

Die Wahrscheinlichkeit, daß in den höheren Schichten der Atmosphäre ruhendes Argon vorhanden ist, ist zwar gering, aber auch nicht völlig abzulehnen, solange wir über die Zusammensetzung der oberen Atmosphäre nur auf Grund theoretischer Überlegungen etwas aussagen können. Die Annahme, daß in den oberen Schichten der Atmosphäre erhebliche Vertikalbewegungen fehlen, kann durchaus nicht als sichergestellt gelten, zumal uns jeder Anhalt über die Temperaturverhältnisse in Höhen über 30 km fehlt. Die Voraussetzung, daß in größeren Höhen die Schichtung der Gase nach dem Daltonschen Gesetz erfolgt ist, setzt voraus, daß völliges Diffusionsgleichgewicht herrscht. Es ist nun aber leicht einzusehen, daß stärkere Vertikalbewegungen, wie sie etwa bei Vulkanausbrüchen vorkommen, dieses Diffusionsgleichgewicht in erheblichem Maße stören. Wie langsam es sich dann wieder herstellt, sieht man z. B. daraus, daß noch jahrelang nach dem Ausbruch des Krakatoa Trübung und Wolken in den oberen Schichten der Atmosphäre beobachtet wurden. Nimmt man hinzu, daß in vulkanischen Gasen Argon in verhältnismäßig erheblichen Mengen gefunden worden ist[1]), so wird man, wenn man in ca. 100 km Höhe aus Spektralbeobachtungen Anzeichen für das Vorkommen von Argon findet, diese Tatsache nicht ohne weiteres mit dem Hinweis auf das hohe Atomgewicht des Argons beiseite schieben dürfen. Auch thermodynamisch nimmt Argon mit den Edelgasen eine Sonderstellung ein. Da der Wert des Verhältnisses seiner spezifischen Wärmen mit 1,66 größer ist als der der mehratomigen Gase, beispielsweise des Stickstoffs (1,42), so wird eine Menge Argon, adiabatisch unter höheren Druck gebracht, eine erheblich höhere Temperatur annehmen als unter gleichen Bedingungen eine Menge Stickstoff. Dieses Verhalten wird die Durchmischung aus der Höhe nach dem Boden zu noch weiter behindern.

Es wird also nicht als aussichtslos betrachtet werden können, noch eingehender zu untersuchen, ob etwa weitere Anzeichen dafür sprechen, daß die grüne Nordlichtlinie mit der Linie 5577,98 des Argonspektrums identisch ist. Der Linienreichtum der Argonspektren einerseits und die Unsicherheit der Bestimmung der übrigen Linien des Nordlichts andererseits lassen es dagegen nicht vorteilhaft erscheinen, diese Anzeichen allein darin zu suchen, daß eine Reihe von Nordlichtlinien mit Argonlinien innerhalb der Fehlergrenzen übereinstimmt.

Argon hat bekanntlich mehrere Spektren, je nach der Art der Anregung. Vor allem unterscheiden sich wesentlich das sogenannte „rote" und das „blaue" Spektrum. Das erstere entsteht bei schwächerer, das zweite bei stärkerer elektrischer Anregung im Geißlerrohr. K. Friedersdorff[2]) findet, daß die Linien des roten Argonspektrums einfach geladene, die des blauen doppelt und dreifach geladene Träger haben. Die Linie 5577,98 gehört nur dem „blauen" Argonspektrum an, entsteht also erst bei mehrfacher Ionisierung der Argonatome.

H. C. Vogel[3]) hat im Jahre 1871 von der Sternwarte Bothkamp bei Kiel aus Nordlichter beobachtet und die Wellenlänge einiger Linien gemessen. Die bei diesen Messungen verwendete Sorgfalt und der verhältnismäßig geringe Fehler bei der Bestimmung der Wellenlänge der Hauptlinie (am 11. Februar 1871 $\lambda = 5574$ Å.-E. aus 10 Einstellungen), lassen auch für die Messungen

1) R. Nasini, F. Anderlini, R. Salvadori, Solfatara gases (Nature **58**, 269, 1898); Mem. fisiche (5) **5**, 25—82, 1904.

2) Ann. d. Phys. **47**, 737, 1915.

3) Pogg. Ann. **146**, 571, 1872.

der übrigen Linien auf einen ziemlich hohen Grad von Zuverlässigkeit schließen. Vogel hat außer der Hauptlinie am 9. April 1871 unter anderem zwei weitere Linien, die sogenannte „rote Nordlichtlinie“, die nicht immer sichtbar ist, ($\lambda = 6297$) und eine ziemlich helle Linie ($\lambda = 5189$) gemessen. Diese beiden Linien stimmen recht gut mit den Linien des roten Argonspektrums: $\lambda = 6297,15$ (Intensität 5 nach Paschen und Runge) und $\lambda = 5188,46$ (Intensität 5 nach Kayser) überein (oder 5187,47 Intensität 5 nach Eder und Valenta). Vogel bemerkt nun zu der zweiten Linie ($\lambda = 5189$): „Diese Linie ist, wenn gleichzeitig die rote Linie erscheint, recht hell, sonst mit der vorhergehenden an Intensität gleich“. Zur Hauptlinie bemerkt er: „Hellste Linie des Spektrums, wird beim Auftreten der roten Linie merklich schwächer“. Die Linie $\lambda = 6297,15$ tritt nur im roten Argonspektrum auf, während die von Eder und Valenta gemessene Linie $\lambda = 5187,47$ sowohl im roten, wie im blauen Spektrum auftritt, bei stärkerer Anregung aber an Intensität verliert. Beim Übergang des roten zum blauen Argonspektrum wird also die Linie $\lambda = 6297,15$ verschwinden, während die Linie 5187,47 lichtschwächer wird. Es hat also die von Vogel beobachtete Intensitätsschwankung große Ähnlichkeit mit der Übergangserscheinung im Argonspektrum. Die Linie $\lambda = 5577,98$ erscheint nur bei starker Anregung im blauen Argonspektrum. Nimmt man an, daß die Träger der Nordlichtstrahlen mit hoher Geschwindigkeit in die Atmosphäre eintretende Argonkerne sind, so erscheint es einleuchtend, daß gerade die Linie, die bei starker Anregung erscheint, zur Hauptlinie wird, daß bei partiell geringerer Anregung bzw. an Stellen, wo keine mehrfach ionisierten Argonatome vorhanden sind, die rote Linie auftritt, mit ihr zugleich die Linie 5189 (Vogel) intensiv wird, während die Hauptlinie an Intensität einbüßt. Es ist in diesem Zusammenhang nicht ohne Interesse, daß nach Eder und Valenta das rote und blaue Spektrum des Argons nicht leicht unvermischt zu erhalten sind. Je nach den Versuchsbedingungen herrscht das eine oder andere vor; das „blaue“ bei geringerem Druck und intensiverer elektrischer Anregung, das „rote“ bei höherem Druck und geringerer Stromdichte. Eine genauere Wellenlängenmessung der Linien des Nordlichts, wie sie seit langer Zeit angestrebt wird, scheint also in Verbindung mit einer eingehenden Untersuchung des spektralen Verhaltens der Argonkanalstrahlen am ehesten geeignet zu sein, die Frage zu klären, ob Argonionen als Träger der Nordlichtstrahlen anzusehen sind.

Die neueren Untersuchungen, die von Vegard und Krogneß[1]) auf Grund eines außerordentlich reichhaltigen Materials ausgeführt wurden, zeigen ein charakteristisches Merkmal, was die Höhenlage der unteren Grenze der häufigsten Nordlichtformen anlangt. Es ergaben sich nämlich zwei deutlich ausgeprägte Häufigkeitsmaxima bei etwa 100 und 106 km Höhe. Auch Störmer[2]) weist verschiedentlich auf die Existenz des mehrfachen Maximums hin, die sich hier freilich deutlicher in Einzelfällen, als bei der statistischen Bearbeitung des Gesamtmaterials zeigt. Immerhin ist wohl an der Realität des doppelten Maximums nicht zu zweifeln. Besonders scharf tritt es in der Tabelle auf, in der Vegard und Krogneß[3]) die Höhenverteilung einer Reihe von Punkten zusammenstellen, die von ihnen unter den günstigsten Bedingungen ausgemessen worden sind:

Höhenstufe	Zahl der Punkte
95—97	0
97—99	6
99—101	**18**
101—103	5
103—105	8
105—107	**27**
107—109	2
109—111	0

Diese Häufigkeitsmaxima sind besonders charakteristisch für die drei häufigsten Formen des Nordlichts, nämlich die Draperien, die draperieförmigen Bogen und die diffusen Bogen. Vegard und Krogneß haben[4]) eine Zusammenstellung der geographischen Verteilung der Banden und der mittleren Höhe von deren unterer Grenze gegeben, die zeigt, daß in zahlreichen Fällen Banden, deren untere Grenzen verschieden sind, auch räumlich voneinander getrennt liegen. Aus dieser Zusammenstellung wurden die Fälle ausgewählt, an denen nur zwei ausgesprochene Höhenstufen sich zeigten. Diese Fälle wurden in zwei Gruppen geteilt. Der ersten Gruppe wurden alle die Beobachtungen zugeteilt, die an einem einzigen Tage, dem 24. März 1914, gemacht waren, der zweiten die übrigen. Gruppe I enthält 17, Gruppe II 15 Fälle. Dann wurden für beide Gruppen die Mittelwerte der gleichzeitig in tieferer und höherer Lage beobachteten unteren Grenzen gebildet. Für Gruppe I ergab sich als mittlere Höhe in tieferer Lage 104,6, in höherer 112,3 km; für Gruppe II waren die entsprechenden Werte 104,9 und 112,8 km. Die Höhendifferenz betrug also 7,7 bzw. 7,9 km. Die

1) Geofysiske Publ., Vol. I, No. 1. Christiania 1920.
2) Geofysiske Publ., Vol. I, No. 5. Christiania 1921.
3) Geofysiske Publ., Vol. I, No. 1, S. 107. Christiania 1920.
4) A. a. O. S. 114 u. 115, Tafel XXV—XXVII.

Übereinstimmung der Zahlen aus beiden Gruppen ist also recht gut. Dagegen sind die mittleren Höhen sowohl wie die Höhendifferenz etwas größer, als die von Vegard und Krogneß aus dem gesamten Material berechneten Werte der Häufigkeitsmaxima. Unter der Voraussetzung, daß alle Strahlen mit der gleichen Geschwindigkeit in die Atmosphäre eintreten, kann man nun das Verhältnis der Reichweiten der den zwei Höhenstufen zugeordneten Strahlengattungen bestimmen, indem man das Verhältnis der Wasserstoffäquivalente bildet, die den Luftsäulen oberhalb der beiden Höhenstufen entsprechen. R. Swinne hat diese Wasserstoffäquivalente für positive Strahlen berechnet[1]). Er findet für 10 km Höhe 12,01, für 120 km 9,56 [g/cm²] $\times 10^3$. Durch graphische Interpolation findet man für 105 km 11,4, für 106 km 11,3 und für 113 km 10,5 [g/cm²] $\times 10^3$. Als Verhältnis der Reichweiten von Strahlen, die in 106 und 100 km endigen, berechnet sich als 0,94, in 113 und 105 km als 0,92.

Es soll nun angenommen werden, daß die Träger der Nordlichtstrahlen Argonkerne sind, die mit gleicher Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eintreten. Die Arbeiten von Aston[2]) haben gezeigt, daß zahlreiche Elemente aus Isotopen bestehen, die sich lediglich durch ihr Atomgewicht, nicht durch andere physikalische oder chemische Eigenschaften unterscheiden. Für das Element Argon sind zwei Isotope vom Atomgewicht 36 und 40 festgestellt worden. Wenn die Träger der Nordlichtstrahlen ein Gemisch von Atomkernen beider Isotopen sind, so wird ihnen je nach ihrem Atomgewicht verschiedene Reichweite zukommen und die Reichweiten werden sich bei gleicher Geschwindigkeit wie die Atomgewichte verhalten, ihr Verhältnis also 0,90 betragen. Dieser Wert stimmt befriedigend mit dem oben aus den Wasserstoffäquivalenten berechneten Verhältnis überein. Die Annahme, daß als Träger der Nordlichtstrahlen Argonkerne zu betrachten sind, würde also eine ausreichende Erklärung für das doppelte Häufigkeitsmaximum zwischen 100 und 115 km bieten.

Daß von der Sonne nicht nur Elektronenstrahlen, sondern auch positive oder Massestrahlen ausgehen, wird von den Astrophysikern als sehr wahrscheinlich angesehen. Vor allem in den Protuberanzen vermutet man Gasströme, die durch elektrische Kräfte hohe Geschwindigkeiten erhalten. In den Protuberanzen sind nach Pringsheim[3]) Geschwindigkeiten bis zu 8×10^7 cm/cec^{-1} beobachtet worden. Nach Schäberle[1]) vermögen Masseteilchen, deren Anfangsgeschwindigkeit den Betrag von 6×10^7 cm/sec^{-1} übersteigt, bei zu vernachlässigender Reibung in der Atmosphäre sich dem Bereich der Sonnenanziehung zu entziehen und werden in den Weltenraum ausgestrahlt. Die Theorie von Julius faßt freilich die Protuberanzen nicht als bewegte Gasmassen, sondern als durch anomale Dispersion der Gase verursacht auf. Gegen diese Auffassung wird aber ein gewichtiger Einwand geltend gemacht: daß die Protuberanzen im Lichte des Kalziums, Heliums und Wasserstoffs fast genau die gleiche Größe und Form zeigen. Es müßte also entweder den Linien dieser drei Elemente die gleiche anomale Dispersion zukommen, oder die Dichtigkeiten der drei Elemente müßten stets in einem solchen Verhältnis vorkommen, daß gleich starke Wirkungen entstehen; beide Annahmen sind höchst unwahrscheinlich und stehen mit Laboratoriumsversuchen in Widerspruch[2]). Die Annahme, daß es sich bei den Protuberanzen um bewegte Gasmassen von hoher Geschwindigkeit handelt, ist also recht wahrscheinlich. Daß Geschwindigkeiten von der Größenordnung 10^7 cm sec^{-1} selten beobachtet werden, ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen die schnell bewegten Atome ihre Elektronen schon unterhalb dieser Geschwindigkeitsgrenze abspalten und dadurch ihre Fähigkeit zu leuchten einbüßen.

Von den drei am häufigsten in den Protuberanzen beobachteten Elementen Kalzium, Helium und Wasserstoff interessiert hier vor allem das Kalzium wegen seiner Nachbarschaft zu Argon im periodischen System der Elemente. Nach den neueren Anschauungen vom Atombau besteht ein Kalziumatom vom Atomgewicht 40 aus 10 Heliumkernen und aus 4 Elektronenschalen, die mit 2, 8, 8, 2 Elektronen besetzt sind, die Kernladung beträgt also $20e$, wo e das Elementarquantum bedeutet. Ein Argonatom vom Atomgewicht 36, Kernladung $18e$, besteht aus 9 Heliumkernen mit 3 Elektronenschalen von der Besetzung 2, 8, 8; ein Argonatom vom Atomgewicht 40 wird als isotop die gleiche Kernladung tragen, sein Kern wird aber außer 10 Heliumkernen noch 2 Kernelektronen aufweisen. Die Besetzung der Elektronenschalen ist ebenfalls 2, 8, 8. Die Kerne der Isotopen des Argons sind also nahezu ebenso gebaut wie der Kern des Kalziumatoms vom Atomgewicht 40,07. Das Verhalten der radioaktiven Stoffe hat gezeigt, daß ein Element infolge spontanen Kern-

1) Diese Zeitschr. **17**, 531, 1916.
2) Phil. Mag. **39**, 449 u. 611, 1920.
3) Physik der Sonne, S. 177. Leipzig u. Berlin 1910.

1) Scheiner-Graff, Astrophysik, 2. Aufl., S. 229. Berlin u. Leipzig 1922.
2) Scheiner-Graff, a. a. O. S. 227.

zerfalls in ein anderes übergehen kann. Nun zeigen sich aber gerade bei den im periodischen System zwischen den Erdalkalien und den Edelgasen liegenden Alkalien radioaktive Erscheinungen. So sendet das zwischen Kalzium und Argon stehende Kalium β-Strahlen aus und nach den Fajans-Rutherfordschen Verschiebungssätzen entsteht aus dem ein Kernelektron in Form eines β-Strahls aussendenden Kaliumatom ein Kalziumatom. Ein Kalziumatom wird durch Verlust eines Heliumkerns, wie er im α-Strahl ausgesandt wird, zu einem Argonkern vom Atomgewicht 36, während durch Hinzutritt von zwei Kernelektronen ein Argonatom vom Atomgewicht 40 entstehen würde. Kalziumatome sind noch in den höchsten Schichten der Sonnenatmosphäre gefunden, in etwa 24000 km Höhe. Trotz des hohen Atomgewichts ist also die Maximalhöhe des Kalziumdampfs etwa doppelt so hoch als die des Wasserstoffs, die nur 12800 km beträgt. Die Annahme, daß aus der Sonnenatmosphäre Kalziumatomkerne in den Weltenraum austreten, ist nach dem Vorhergehenden nicht unwahrscheinlich. Nehmen wir nun einmal weiter an, ein solcher Kalziumkern, bestehend aus zehn Heliumkernen, sei bei solcher Geschwindigkeit ohne Elektronenhülle unstabiler als ein Argonkern mit nur neun Heliumkernen oder ein ebensolcher, bei dem der zehnte Heliumkern durch zwei weitere Kernelektronen fester gebunden ist, dann ist es denkbar, daß ein solcher Kalziumkern entweder durch Abspaltung eines Heliumkerns oder durch Hinzutreten von zwei Kernelektronen zu einem stabileren Gebilde wird, das befähigt ist, mit hoher Geschwindigkeit seinen Weg im Weltenraum fortzusetzen. Je nach der Wahrscheinlichkeit, die für die Abspaltung eines Heliumkernes oder den Hinzutritt von Kernelektronen besteht, wird also unter Umständen eine als Kalziumkern von der Sonne ausgehende Korpuskel in die Erdatmosphäre als Argonkern vom Atomgewicht 36 bzw. 40 eintreten. Da Ladung und Masse der Korpuskeln in dem elektrischen Feld, das ihre Bewegung verursachte, gleich war, so werden sie mit gleicher Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eintreten. Die Korpuskel mit dem Atomgewicht 40 wird aber eine etwas größere Reichweite haben, als die mit dem Atomgewicht 36. Auf ihrem Wege in der Erdatmosphäre werden die Kerne, sobald ihre Geschwindigkeit unter einen gewissen Wert gesunken ist, Elektronen an sich reißen und damit zu leuchten beginnen. Die Lichtverteilung längs einer solchen Bahn würde dann mit der in den häufigsten Nordlichtformen (vor allem der Draperien) beobachteten wahrscheinlich befriedigend übereinstimmen. Diese Übereinstimmung würde aber nicht zu finden sein beim Vergleich mit der Lichtverteilung längs einem typischen Strahl. Vegard hat sich besonders infolge dieser Diskrepanz veranlaßt gesehen, seine Hypothese aufzugeben, daß als Träger der Nordlichtstrahlen Heliumkerne zu betrachten seien[1]). Das Leuchten der typischen Strahlen beginnt schon in großen Höhen und die Lichtverteilung ist längs der ganzen ausgedehnten Bahn viel gleichmäßiger als etwa bei den Draperien. Eine derartige Lichtverteilung ist aber dann zu erwarten, wenn der Träger des Nordlichtstrahls nicht als bloßer Kern, sondern als Atom in die Atmosphäre eintritt, d. h. wenn der Kern bei seinem Eintritt in die Erdatmosphäre Gelegenheit hat, Elektronen in seinen Bereich zu ziehen. Trotz hoher Geschwindigkeit ist dieser Fall denkbar, wenn er etwa unter spitzem Winkel ein Bündel Elektronenstrahlen von wenig abweichender Richtung passiert, deren Geschwindigkeit von der seinen nicht allzu verschieden ist. Dann wird der Kern schon oberhalb der kritischen Geschwindigkeitsgrenze die Möglichkeit haben, seine Elektronenhülle auszubilden und zu leuchten. Ein zahlreicheres Auftreten von typischen Strahlen würde dann also andeuten, daß gleichzeitig mit den positiven auch negative Korpuskularstrahlen in die Erdatmosphäre eindringen, deren Ursprungsort auf der Sonne wesentlich verschieden sein kann von dem der positiven Strahlen. Über die Reichweite der typischen Strahlen liegen verschiedene Beobachtungen vor, die nicht ganz übereinstimmen. K. Wegener[2]) hat beobachtet, daß der einzelne Strahl, je höher er aufzuleuchten beginnt, um so tiefer hinabtaucht, während nach Vegard u. Krogneß[3]) die untere Grenze der typischen Strahlen höher liegt, als die der Bogen und Draperien. Diese letztere Beobachtung, die sich auf ein reichhaltigeres Material stützt, könnte man unter den obigen Voraussetzungen so erklären, daß die Absorption des Kernes mit Elektronenhülle früher erfolgt, als die des bloßen Kernes, während die Erklärung der Beobachtung K. Wegeners wohl durch die Annahme eines der Richtung des Strahls entgegengesetzt gerichteten elektrischen Feldes möglich wäre, das die bloßen Kerne mit größerer Ladung stärker bremst, als die Atome und Ionen, deren Kernladung durch Elektronen ganz oder zum Teil kompensiert ist.

Vergegenwärtigt man sich diese Möglichkeiten im Zusammenhang, so leuchtet es ein, daß eine Arbeitshypothese, die als Träger der Nordlichtstrahlen Argonatome annimmt, nicht so aus-

1) Vegard u. Krogneß, a. a. O., S. 166.

2) Schriften der Wissenschaftl. Gesellsch. in Straßburg, 21. Heft, S. 52, 1914.

3) Vegard u. Krogneß, a. a. O., S. 106.

sichtslos ist, wie das auf den ersten Blick erscheint. Ich habe schon früher[1]) auf Grund von Beobachtungen der radioaktiven Beimengungen der Atmosphäre wahrscheinlich gemacht, daß ein anderes Edelgas, die Radiumemanation durch Massestrahlung von der Sonne in die Atmosphäre gebracht wird. Der Heliumkern ist uns als Träger der α-Strahlen geläufig. Vielleicht ergibt eine weitere Untersuchung Anhaltspunkte dafür, daß ein Teil der Edelgase in der Atmosphäre überhaupt solcher Massestrahlung seinen Ursprung verdankt.

1) Bongards, diese Zeitschr. **21**, 141, 1920 u. **24**, 16, 1923.

(Eingegangen am 20. Mai 1923.)

Vorlesungsversuch der Isolierung radioaktiver Substanzen durch Rückstoß.

Von Erich Marx und Lothar Wolf.

Die Methode der Isolierung radioaktiver Substanzen durch Rückstoß wurde auf Grund eines Experiments von Miß Brooks durch Rutherford begründet. Durchschlagende Erfolge erzielten mit ihr vor allen O. Hahn, Ruß und Makower sowie O. Hahn und L. Meitner.

Für das Wesen der Radioaktivität ist wohl keine Trennungsmethode instruktiver als diese, und so wird es vielleicht nicht unwillkommen erscheinen, daß wir eine einfache Anordnung angeben, mit der wir vollkommen sicher einem großen Auditorium innerhalb des Verlaufs einer Vorlesung die Methode quantitativ demonstrieren können.

Die von Geiger und Makower[1]) angegebene Anordnung mit Elektroskop (Beobachtung der gesamten Abfallkurve in der Ionisationskammer) eignet sich gut für ein radiologisches Praktikum. Für die Demonstration wird man an Stelle des Elektroskops das Spiegelelektrometer verwenden und statt zeitlicher Beobachtung die des Dauerausschlages mit Hilfe von Bronsonschaltung wählen. Der Versuch (vgl. Fig. 1) wird sehr erleichtert, wenn man die Hülle der Ionisationskammer nicht erdet, sondern auf konstantem positiven Potential hält und die innere Elektrode, welche sich anfangs auf Nullpotential befindet, mit dem Elektrometer verbindet. Man muß alsdann einen geerdeten Schutzring (Fig. 2) in die Bernsteinisolation der Innenelektrode einfügen. Die ganze Anordnung, die mit dem Elektrometer verbunden ist, bleibt während des Versuches selbst unberührt; das auf Aktivität zu prüfende Präparat — sofern es β-Strahler

1) Geiger u. Makower, Radiologisches Praktikum.

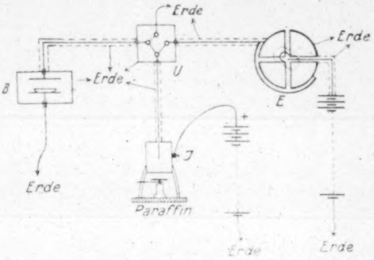


Fig. 1.

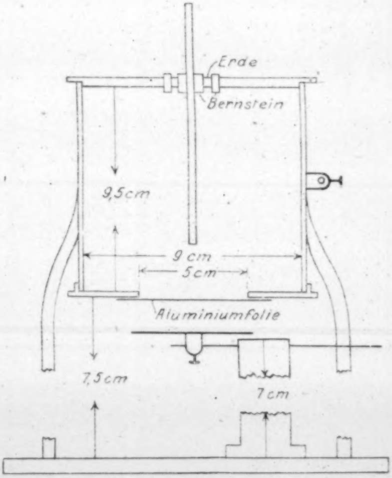


Fig. 2.

ist — wird der unteren Fläche der durch Aluminiumfolie vollständig geschlossenen Ionisationskammer gegenübergestellt und so die Halbwertszeit desselben als Halbierungszeit des direkten Elektrometerausschlages bestimmt. Durch die positive Ladung der Hülle wird gleichzeitig verhindert, daß die Aluminiumfolie, selbst bei Gegenüberstellung etwa des AcB durch Rückstoß aktiviert wird. Nach dem Gesagten ist die Anordnung aus der Figur leicht verständlich. Wir geben der Bequemlichkeit halber genaue Dimensionierung von Ionisationskammer, Höhe des kleinen Drahtstativs und des Ebonitsockels für die auswechselbaren aktivierten Platten.

Der Gang des Versuches ist nun folgender: Ein Actiniumpräparat von etwa 30 mg, das

von Buchler & Co., Chininfabrik Braunschweig, bezogen wurde, ist in einem Glasschälchen untergebracht, das mit eingeschliffenem Stöpsel verschließbar war und in ein Messinggehäuse, wie es in Fig. 3 zu sehen ist, eingekittet, wobei das

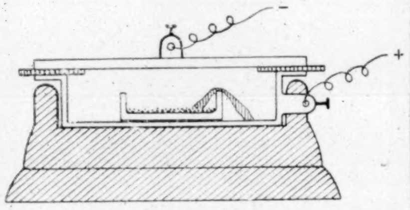


Fig. 3.

Messinggehäuse sich selbst wieder in einer Ebonitkapsel (alter Schalterkapsel) befindet. Um sichere Leitung zu haben, ist ein Streifen Stanniol vom Präparat zum Metall geführt. Die zu aktivierende möglichst blank geschmirgelte Messingplatte (1) wird dem Präparat gegenüber gesetzt, vom Messinggehäuse durch einen Glimmerring isoliert. Nach etwa 20 Minuten hat sich eine hinreichende Menge AcB auf der Platte angesammelt, um als Quelle für das durch Rückstoß zu isolierende AcC'' zu dienen. Hierfür wird diese Platte 1, durch einen Ebonitring von $^1/_2$ mm Dicke getrennt, der Platte 2 gegenübergebracht und letztere über hohen Widerstand mit dem negativen Pol einer ca. 50—100 Volt-Batterie, die erstere mit dem positiven verbunden. Nach ca. 10 Minuten hat sich eine hinreichende Menge AcC'' auf dieser Platte 2 infolge Rückstoßes konzentriert, um nun bequem mit Hilfe eines empfindlichen Quadrantenelektrometers (versilberte Glimmernadel mit Wollastondraht von 6 μ) demonstriert werden zu können.

Wesentliche Bedingung für das Gelingen einer quantitativen Demonstration ist, daß man sich vorher überzeugt, daß das vorher aufgeladene Elektrometer keinen Ladungsverlust anzeigt, wenn man das Urannitrat aus dem Bronson-Kondensator B entfernt. Das eine Quadrantenpaar des Elektrometers ist mit der nicht das Urannitrat (dünne Schicht, mit Aluminiumfolie überdeckt) tragenden Kondensatorplatte des Bronson verbunden. Ist die Störungsfreiheit der Anordnung gegenüber Isolationsverlusten verbürgt, so wird man vorteilhaft so verfahren, daß man zunächst die durch Rückstoß aktivierte Platte 2 unter die Aluminiumfolie schiebt, und durch den Metallstiel die Platte auf gleiches Potential wie die Ionisationskammer bringt. Die durch die Aluminiumfolie dringenden β-Strahlen verursachen infolge des in der Kammer entstehenden Ionisationsstromes einen Ausschlag des Elektrometers, der bald sein Maximum erreicht. Man wartet das Zurückgehen des Ausschlages ab, beginnt bei einem beliebig herausgegriffenen Zahlenwerte der Elektrometerskala die Zeitmessung und zeigt, daß in rund 5 Minuten der Ausschlag auf die Hälfte zurückgeht. Meist genügt die Größe des Ausschlages für eine 2. Beobachtung nach abermals 5 Minuten. Will man genauere Werte haben, so muß man natürlich die Gesamtkurve punktweise aufnehmen und aus einer großen Anzahl von Beobachtungen die Halbwertzeit ermitteln.

Um nun auch die Halbwertszeit des AcB, das auf der Platte 1 sitzt zu zeigen, empfiehlt es sich wegen der langen Halbwertszeit von 36 Minuten den Versuch so anzustellen, daß man ihn erst nach Vorführung der Rückstoßplatte I ansetzt. Man wechselt Platte 2 gegen 1 aus unter eventueller Vergrößerung des Abstandes der Platte von der Aluminiumfolie zur Reduktion des Ausschlages, sonst aber bei vollständigem ceteris paribus. Man wartet den Rückgang des maximalen Ausschlages des Elektrometers ab und notiert den Anfangspunkt der Beobachtung auf der Skala. Die ganze Anordnung überläßt man vollkommen sich selbst, kann inzwischen zu anderen Ausführungen der Vorlesung übergehen und am Schluß zeigen, daß sich der Elektrometerausschlag nach 36 Minuten in der Tat halbiert hat.

Leipzig, Mai 1923, Abt. f. Radiophys. d. Phys. Inst.

(Eingegangen 6. Juni 1923.)

Abgabe von Radiumnormallösungen durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Um die Meßverfahren, welche zur Bestimmung des Radiumemanationsgehalts in Quellwässern usw. angewandt werden, auf eine einheitliche Grundlage zu stellen, hatte das sächsische Bergamt im Mai 1921 einen größeren Kreis von Fachgelehrten zu einer Besprechung nach Freiberg i. Sa. eingeladen. Man einigte sich dahin, in Zukunft alle diesbezüglichen Messungen auf das Curie bzw. den 10^{-10}. Teil — das Eman — zu beziehen und die hierzu erforderlichen Eichungen der Meßinstrumente durch Radiumnormallösungen vorzunehmen. Da jedoch solche Lösungen von genügender Verläßlichkeit nicht zur Verfügung standen, wurde die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ersucht, die Herstellung der Lösungen von der in der Praxis erforderlichen Größenordnung von 10^{-9} g Ra zu über-

nehmen. Mit der Herstellung der Lösungen sollte gleichzeitig eine Untersuchung über ihre Haltbarkeit Hand in Hand gehen.

Die diesbezüglichen Arbeiten wurden im Sommer 1921 in Angriff genommen und sind nun so weit fortgeschritten, daß Lösungen in Ampullenform von der Größenordnung 10^{-9} g *Ra* ausgegeben werden können, deren Absolutwert auf ± 1 Proz. sicher steht. Die Festsetzung des Absolutwertes erfolgte durch exakte Bestimmung des γ-Strahlenwertes des Radiumpräparates, aus dem durch Auflösung und Verdünnung die Normallösung gewonnen wurde. Der so gefundene Wert wurde ferner kontrolliert durch Vergleich mit Radiumemanation, die man nach Bestimmung des γ-Strahlenwertes bis auf die Größenordnung von 10^{-9} Curie abklingen ließ.

Die Konstanz der Lösungen kann für die bisherige Beobachtungsdauer von zwei Jahren als sichergestellt gelten. Über die Einzelheiten der Versuche wird an anderer Stelle berichtet werden.

Charlottenburg, Mai 1923.

(Eingegangen 5. Juni 1923.)

BESPRECHUNGEN.

A. Eucken, Grundriß der physikalischen Chemie für Studierende der Chemie und verwandten Fächer. VIII u. 492 S. Mit 95 Fig. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1922. Grdz. geh. M. 5.—, Grdz. gebd. M. 7.—

Das vorliegende Buch kommt in mehrfacher Beziehung einem ausgesprochenen Bedürfnis entgegen. Man war nämlich bisher manchmal in Verlegenheit, wenn man von Studierenden nach einem geeigneten Werk gefragt wurde. Das klassische Buch von Nernst ist für denjenigen, der nicht physikalische Chemie als Hauptfach treiben will, sondern als Student der reinen Chemie sich für physikalische und besonders für moderne physikalische Chemie interessiert — und die Zahl dieser Studenten ist heute erfreulich groß — zu umfangreich und auch zu teuer, während die kleineren Werke für denjenigen Chemiker, der nur sein Examen machen will, hinreichen, für eine Vertiefung aber nicht geeignet sind.

Für die oben erwähnte Gruppe von Lesern ist das Euckensche Buch vorzüglich geeignet, man wird es aber auch Physikern, die einen Überblick über die physikalische Chemie — allerdings unter Verzicht auf ausführliche Erörterung der experimentellen Resultate — gewinnen wollen, empfehlen und den eigentlichen physikalischen Chemikern die Anchaffung neben dem Nernstschen Lehrbuch anraten, aus Gründen, die aus der Besprechung hervorgehen werden.

Eucken beginnt mit einer kurzen mathematischen Einleitung über graphische Darstellung und die Anfangsgründe der höheren Mathematik. Der eigentliche Inhalt zerfällt in zwei große Abschnitte, deren erster (etwa $^2/_3$) die Anwendungen der Thermodynamik und kinetischen Theorie enthält, während das letzte Drittel den Fragen nach dem Aufbau der Materie und der Natur der chemischen Kräfte gewidmet ist.

Für den ersten Teil sind zwei Punkte charakteristisch und besonders begrüßenswert. Erstens werden die Gleichgewichtsbedingungen bei konstantem Volum und Druck streng unterschieden, was oft nicht geschieht. Der physikalische Chemiker ist gewöhnt zu sagen: „Die maximale Arbeit ist die Differenz der freien Energien, im Gleichgewicht ist die maximale Arbeit null, die freien Energien sind gleich". Das gilt aber nur für konstantes Volum. Bei konstantem Druck sind die thermodynamischen Potentiale gleich. Eucken tut hier einen guten Griff, indem er diese abschreckenden Worte vermeidet und dafür „freie Energie bei konstantem Druck" sagt. Er kann dann die Gleichgewichtssätze für konstanten Druck vollständig korrekt genau so wie bei konstantem Volumen formulieren, indem er den Zusatz „bei konstantem Druck" macht und statt Arbeit „Nutzarbeit" sagt.

Der zweite charakteristische Punkt besteht darin, daß bei jeder Gruppe von Erscheinungen erst ein beschreibender Überblick, dann die thermodynamischen Gesetze, hierauf die kinetische Deutung gegeben wird. Ich glaube, daß diese Parallelbehandlung von Thermodynamik und Kinetik ein auf diesem Gebiet anzustrebender Idealzustand ist, zu dem hier der erste Schritt geschehen ist.

Die erste Hälfte dieses Abschnittes behandelt zuerst die allgemeinen Gesetze der Thermodynamik und der kinetischen Theorie, dann die Zustandsgleichungen im weiteren Sinn in der Reihenfolge: Ideale Gase, feste Körper, reale Gase, Flüssigkeiten. Dann folgen die „physikalischen" Zustandsänderungen, wie Schmelzen, Verdampfen und Lösen, sowie die Phasenregel in recht vollständiger, wenn auch knapper Behandlung. Reichliche Zahlentabellen sind gegeben. Die Quantentheorie der spezifischen Wärmen wird früh eingeführt. An zwei Stellen würde sich vielleicht eine kleine Erweiterung empfehlen, indem bei den van der Waalsschen Kräften und beim osmotischen Druck noch schärfer als es geschehen ist hervorzuheben wäre, daß für jedes Kraftgesetz (innerhalb sehr weiter Grenzen) bei korrekter Rechnung dasselbe Resultat herauskommt. Einige Worte sollten wohl auch den von van der Waals abweichenden Zustandsgleichungen gewidmet werden, ebenso wie die Frage nach der Natur der van der Waalsschen Kräfte.

Dann folgt die Besprechung der Lehre von den chemischen Gleichgewichten und Reaktionsgeschwindigkeiten, diesmal mit reichlichen Beispielen und unter Benutzung des Nernstschen Theorems, sowie kurz die Elektrochemie.

Im letzten Drittel des Buches werden die „modernen" Fragen besprochen. Gerade dieser Abschnitt füllt eine Lücke aus, denn das Sommerfeldsche Buch ist vielen zu schwer, während die anderen bis jetzt erschienenen kleineren Werke meist nur Spezialkapitel wie Radioaktivität oder Quantentheorie behandeln. Bei Eucken werden der Reihe nach der Aufbau der Atome, Photochemie, Linien- und Bandenspektren in durchaus einheitlicher und nicht zu schwer verständlicher Weise besprochen. Die letzten 40 Seiten beschäftigen sich dann mit den neuesten Anschauungen über die Natur der chemischen Kräfte. Bei den ein-

gestreuten elektrostatischen Beispielen wäre vielleicht im Interesse der nicht ganz Eingeweihten schärfer darauf hinzuweisen, daß die Vereinfachungen doch recht weitgehend und die Zahlwerte ziemlich davon abhängig sind.

Ein Abschnitt über den metallischen Znstand beschließt das Buch, das jeder besitzen sollte, der sich eingehender mit physikalischer Chemie beschäftigt.

Herzfeld.

C. F. Gauß, Werke. Zehnten Bandes zweite Abteilung. Abhandlungen I und V: P. Bachmann, Über Gauß' zahlentheoretische Arbeiten (durchgesehener Abdruck aus Heft I der Materialien für eine wissenschaftliche Biographie von Gauß, Gött. Nachr. 1911); O. Bolza, Gauß und die Variationsrechnung. 4⁰. 74 u. 96 S. In Kommission bei B. G. Teubner, Leipzig.

Die erste Abhandlung ist ein ausführlicher Bericht über Gauß' Leistungen in der Zahlentheorie.

Die Abhandlung von Bolza stellt weit ausholend dar, was Gauß auf den Gebieten der Variationsrechnung vorfand, auf die ihn seine Untersuchungen führten, was er geleistet hat, wie seine Leistungen auf die weitere Entwicklung eingewirkt haben, und in welchen in neuerer Zeit erwachsenen Theorien man die Weiterbildung Gaußscher Gedanken zu erblicken hat.

Die Bedeutung der Arbeit über die Gleichgewichtsfiguren von Flüssigkeiten (1830, Werke Bd. V, S. 29) besteht darin, daß Gauß — im Gegensatze zu dem üblichen allzu bequemen Gebrauch des δ-Algorithmus von Lagrange, der selbst zu Fehlern führte — die partielle Differentialgleichung für das Verschwinden der ersten Variation auf sicherem Wege erreicht und zum ersten Male bei veränderlichem Integrationsgebiet die Randbedingung gewinnt, mit Hilfe von Betrachtungen, die später zum Beweise des „Fundamentallemmas" angewandt wurden. Die „Disquisitiones generales circa superficies curvas" (1827, Werke Bd. IV, S. 217) haben ungeheuer anregend gewirkt; ein großer Teil der Begriffsbildungen der Variationsrechnung (Transversalität, Feldintegral, extremale Krümmung) wurzeln in dieser Arbeit. An der potentialtheoretischen Arbeit über „Allgemeine Lehrsätze usw." (1842, Werke Bd. V, S. 195) schließlich ist bemerkenswert, daß schon hier das „Dirichletsche" Prinzip zum Existenzbeweis benutzt wird, und daß ein eigenartiges isoperimetrisches Variationsproblem, bei dem das eine Integral zweifach über dasselbe Gebiet erstreckt wird, auf eine lineare Integralgleichung als Bedingung des Extremums führt. Außer diesen drei Hauptstücken wird noch über einige kleinere Arbeiten berichtet. H. Kneser.

K. Fehrle, Über die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen. gr. 8⁰. 45 Seiten mit 5 graphischen Darstellungen und einer vollständigen Tabelle der Fourieranalyse der Restkurve. Freiburg, Verlag der Freiburger Druck- und Verlags-Gesellschaft H. M. Muth m. b. H. 1922.

In den ersten Abschnitten wird nach anderen als den augenblicklich üblichen Vorstellungen vom Verf. ein Atommodell entwickelt, daß er sich aus Kugelschalen aufgebaut denkt, auf deren Oberfläche sich „kleinste Teilchen" bewegen. Diese haben an sich keine Masse, sondern bekommen sie durch ihre Rotation um den Mittelpunkt des Atoms. Durch Annahmen über das Trägheitsmoment und Impulsmoment in den einzelnen Schalen, einer Stabilitätsbedingung und einer besonderen Masse in den einzelnen Schalen wird das Modell definiert. Die charakteristischen Unterschiede zwischen den Elementen deutet der Verf. als Superposition reiner Sinusschwingungen, die durch Koppelung der Atome mit dem Äther entstehen sollen. Die für die Massen der Atome abgeleitete Formel gibt „ideale" Atomgewichte, die mit den experimentellen bis auf 1—2 Einheiten übereinstimmen. Die Abweichungen werden als periodische Funktion der Ordnungszahlen dargestellt (Gesetz der gespiegelten Reste) und mittels Fourier-Reihen aufgelöst. (Abschnitt 5—7.) In den Abschnitten 11—17 werden physikalische und chemische Erscheinungen aus dem „periodischen Wechsel von Rotation und Spannung durch die Koppelung der Materie mit dem Äther" erklärt. Von dem Büchlein muß man sagen, daß auf Grund wenig anschaulicher und manchmal unklarer Annahmen eine Darstellung des periodischen Systems versucht wird, mit der sich näher zu beschäftigen der Verfasser nicht eher erwarten kann, als bis seine Theorie mehr oder wenigstens dasselbe wie die Bohrsche Atomtheorie leistet.

H. Sponer.

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: Am Physikalischen Institut der Universität Bonn Dr. Reinhard Mecke für Physik, an der Universität Münster Dr. M. Krafft für Mathematik, an der Technischen Hochschule Hannover Dr. A. Schur für Geometrie.

Ernannt: W. Bragg zum a. o. Professor der Chemie der Royal Institution London und zum Vorstand des Laboratoriums, der Professor Dr. phil. Dr. Ing. h. c. K. W. Wagner zum Präsidenten des Telegraphentechnischen Reichsamtes in Berlin.

Gestorben: Der ord. Professor der Chemie an der Universität Heidelberg Dr. Friedr. Krafft, der langjährige Abteilungsvorsteher am Geodät. Institut in Potsdam Prof. Dr. Louis Krüger, der planmäßige a. o. Professor der angewandten Physik an der Universität Leipzig Dr. Hermann Scholl.

Gesuche.

Jüngerer promov. Physiker,

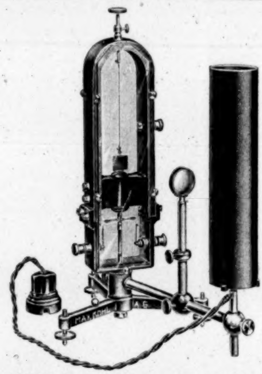
zurzeit in ungekündigter Industriestellung, bisheriges Arbeitsgebiet: Optik, ultraviolett bis ultrarot, Kristalloptik, Vakuumtechnik, mit besonderer Neigung für moderne Atomtheorie und Röntgenspektroskopie, an selbständiges Arbeiten gewöhnt, sucht Stellung als

Assistent

an physikalischem Institut, um sich evtl. später zu habilitieren. Gefl. Angebote unter **S. H. 623** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel), Leipzig, Königstraße 2.

Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Hans Küstner in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Max Kohl A.G. Chemnitz



61392. Drehspul-Spiegelgalvanometer.

Physikalische Apparate

Funken-Induktoren

Ölluftpumpen

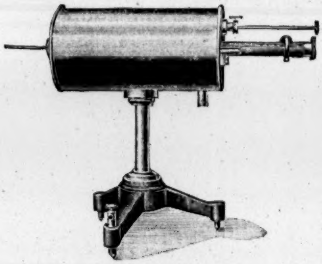
Experimentier-Schalttafeln

Projektions-Apparate

Laboratorienmöbel

in gediegener Ausführung.

Weltausstellung Brüssel: 4 Grosse Preise; Turin: 2 Grosse Preise; Dresden: Grosser Preis.



Apparate für luftelektrische und radioaktive Untersuchungen.
Normalbatterie für elektrostatische Messungen.
Kondensatoren, Mikrowage.
Erdbebenregistrierapparate.

Spindler & Hoyer G.m.b.H.
Mechan. u. opt. Werkstätten
Göttingen 3.

Hochspannungs-Batterien

Vorzüge: Größte Leistung bei kleinstem Raum. Beliebige Trennbarkeit. Niedriger Preis.

Phywe-Hochspannungsbatterien
haben u. a. im Gebrauch

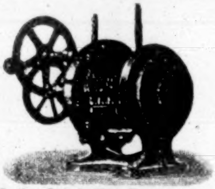
Kaiser Wilhelm-Institut, Dahlem. — Institut für Experimentalphysik, Universität Göttingen. — Institut für theoret. Physik, Universität Göttingen. — Physikal. Institut der Bergakademie Clausthal. — Röntgen-Institut, Techn. Hochschule Stuttgart. — Physikalisches Institut, Universität Frankfurt. — Physikal.-Chem. Institut, Technische Hochschule Karlsruhe. — Physikalisches Institut, Technische Hochschule Karlsruhe. — Teyler-Museum, Universität Leiden-Haarlem. — Radium-Institut, Freiberg i. S. — Institut für Schwachstromtechnik, Dresden. — Realgymnasium Schwelm. — Institut für theoretische und physikalische Chemie, Freies Bildungswesen, Altona. — Natuurkundig Laboratorium der Universität Groningen. — Porzellanfabrik Rosenthal, Selb. — Institut für theoretische und physikalische Chemie, Universität Brünn. — Physikalisches Institut, Universität Wilna. — Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Griesheim. — Kaiser Wilhelm-Institut, Düsseldorf. — Physikalisches Institut, Universität Cernauti. — Physikalisches Laboratorium der medizinischen Fakultät, Posen. — Physikalisches Institut, Universität Helsingfors. — Koch & Sterzel, Dresden. — W. C. Heraeus, Hanau.

Physikalische Werkstätten A.-G.,
Göttingen 1

Arthur Pfeiffer, Wetzlar

Gegründet 1890

✧ Fabrik physikalischer, chemischer und technischer Apparate ✧

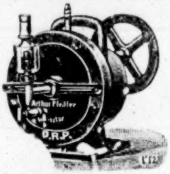


Rotier. Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Pfeiffer. D. R. P.

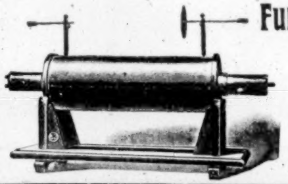
Spezialfabrik für Hochvakuumpumpen

zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken

Alle Arten Luftpumpen, Kolben-Ölluftpumpen, rotierende Ölluftpumpen, rotierende Quecksilberluftpumpen für Betrieb und Laboratorium



Rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Gaede. D. R. P.



Funkeninduktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Normaltypen von 6—1000 mm Funkenlänge mit Unterbrechern aller Art

Spezial-Funkeninduktoren für technische und wissenschaftliche Zwecke

······· Listen kostenlos von Abteilung E verlangen. ·······

E. Leybold's Nachf. A.-G.

Cöln a/Rhein

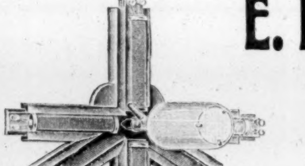
Fabrik physikalischer Apparate

Zweigniederlassung:

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 53

Projektionsapparate für Diaskopie und Episkopie

Hochvakuumpumpen nach Gaede



Universalstativ für Braun'sche Röhre nach Simon und Reich.

Katalog, enthaltend 16000 Nummern, wird Instituten auf Wunsch übersandt.

Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.